

CLIPPEDIMAGE= JP408074849A

PAT-NO: JP408074849A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08074849 A

TITLE: EXCITING CONTROL DEVICE FOR MAGNETIC BEARING

PUBN-DATE: March 19, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YODA, HIROAKI

OKUYAMA, TOSHIAKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06212362

APPL-DATE: September 6, 1994

INT-CL (IPC): F16C032/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve responsive characteristics of a magnetic bearing, and simplify a negative-feedback circuit in a servo control circuit of a positive magnetic bearing, by providing a circuit which performs negative-feedback of an output integrated by an integrator by a rate proportional to a voltage of an exciting coil of an electromagnet, to an input side of an exciting control amplifier.

CONSTITUTION: An axial magnetic bearing is composed of a disc 12 fixed to a rotary shaft 11 and an electromagnet 1. The disc 12 is floated by a magnetic field formed at the time of current carrying to a coil 1a. The current carrying to the coil 1a is controlled by a servo control

device 21 in accordance with an output of an axial displacement sensor 13. An integrator 5 is provided in addition to a current negative-feedback circuit 3 as a feedback circuit for an exciting control amplifier 2, which integrator 5 performs integration of an output of a subtractor for subtracting voltage lowering rate obtained by calculation of a multiplier 4, from an output voltage of the exciting control amplifier 2. Negative-feedback of the output signal of the integrator 5 is carried out to an input of the exciting control amplifier 2, so that attraction force corresponding to external force is generated by the electromagnet 5.

COPYRIGHT: (C) 1996, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-74849

(43) 公開日 平成8年(1996)3月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 1 6 C 32/04

識別記号

A

庁内整理番号

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-212362

(22) 出願日 平成6年(1994)9月6日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 依田 裕明

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日

立製作所土浦工場内

(72) 発明者 奥山 俊昭

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

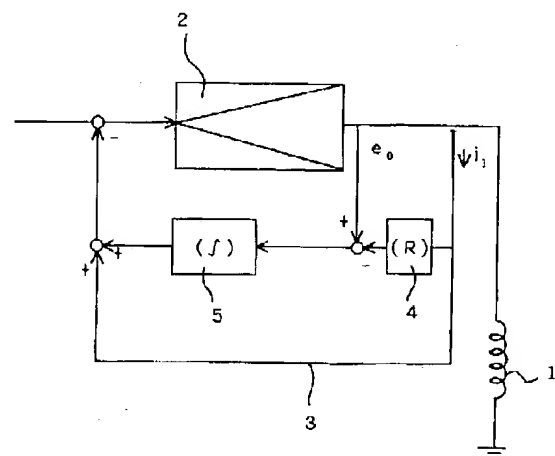
(54) 【発明の名称】 磁気軸受の励磁制御装置

(57) 【要約】

【構成】能動型磁気軸受のサーボ制御回路において、電流増幅器2の出力電圧 $e_o$ と電流 $i_1$ を検出して、電流を $r_1$ 倍する乗算器4の出力との差( $e_o - i_1 \cdot r_1$ )を積分する積分器5の出力を電流増幅器2の入力側に負帰還する回路を設ける。

【効果】磁気軸受の応答特性改善が低コストで達成される。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 能動型磁気軸受のサーボ制御回路において、電磁石の励磁コイルの電圧に比例した量を積分器で積分した出力を励磁制御増幅器の入力側へ負帰還する回路を有することを特徴とする磁気軸受の励磁制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、能動型磁気軸受のサーボ制御回路に係り、特に、高速制御が必要な能動型磁気軸受のサーボ制御回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の能動型磁気軸受のサーボ制御回路として、特公昭61-37643号公報に示すように、電磁石内に設けた磁束検出センサで磁束変化を検出しこれを励磁制御器の入力側に負帰還している。このようにすると電磁石の励磁コイルに流れる電流のみを負帰還する場合に比べて、電磁石の応答特性がより改善される。

【0003】 しかし、磁束を負帰還する場合には、磁束の変化を検出するセンサを電磁石内にとりつけなければならないこと、およびセンサと制御装置間をつなぐ信号ケーブルが必要で、特に電磁石とサーボ制御回路間が離れて使われる場合には、長いケーブルとともに、信号を長距離伝送するための増幅器が必要となり、サーボ制御回路が複雑化するおそれがある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来技術では、磁気軸受細隙部の磁束の変化を検出するセンサ、信号増幅器、\*

$$e_0 = (r_1 + P l_1) i_1 + P \cdot M (i_1 - i_2) \quad \dots (数1)$$

とあらわされる。

## 【0009】

$$\Phi = M (i_1 - i_2) \quad \dots (数2)$$

であるため、数1を時間積分すると

## 【0010】

$$\begin{aligned} \int e_0 - r_1 \cdot i_1 dt &= l_1 i_1 + M (i_1 - i_2) \\ &\cong M (i_1 - i_2) = \Phi \quad \dots (数3) \end{aligned}$$

【0011】 すなわち、 $(e_0 - r_1 i_1)$ の積分値は磁気軸受細隙部の磁束に略等しい。この原理を励磁制御増幅器の負帰還回路に適用すると図2のようになる。即ち、励磁制御増幅器2の出力電圧 $e_0$ と出力電流 $i_1$ からケーブルとコイルの抵抗の電圧降下を乗算器4で演算し、 $e_0$ からこの演算値を引き算し、これを積分器5に送り積分した後、励磁制御増幅器の入力側に負帰還する。一方、回路3は従来用いられている電流の負帰還を示す。なお、ここで電力ケーブルとコイルの抵抗が小さい場合には乗算器4は省略できる。

## 【0012】

【実施例】 本発明の実施例を図3に示す。本実施例は立軸ポンプ等のアキシヤル方向の軸推力を支持するアキシヤル磁気軸受についてのものである。磁気軸受は回転軸50

\* 信号ケーブルが必要でサーボ制御回路が複雑化、コストアップとなっていた。

【0005】 本発明の目的は、磁束の変化を直接検出することなく、磁気軸受の応答特性を改善することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 目的を達成する技術的手段は電磁石の電磁気回路の考察から得られたもので、その要点は、励磁制御増幅器の出力電圧値から増幅器と励磁コイル間の電力ケーブルおよび励磁コイル自体の抵抗による電圧降下分を引いた電圧値の時間積分値は磁気軸受細隙部の磁束にほぼ等しいことを用いたもので、この電圧値の時間積分値を励磁制御増幅器の入力に負帰還制御するようにした。

## 【0007】

【作用】 磁気軸受の制御装置と励磁コイル間の電力ケーブルを含む、励磁コイルの等価回路を図1に示す。制御装置の出力電圧 $e_0$ 、電力ケーブルおよび励磁コイルの抵抗 $r_1$ 、インダクタンス $l_1$ 、電磁石の有効空隙磁束の発生に寄与する励磁コイルのインダクタンス $M$ 、電磁石のうず電流回路の抵抗 $r_2$ およびインダクタンス $l_2$ によって表され、 $i_1$  制御装置からの供給電流、 $i_2$  はうず電流で、電磁石の有効磁束に寄与する有効電流は $(i_1 - i_2)$ である。ここで、オームの法則から

## 【0008】

## 【数1】

※【数2】 一方、電磁石の有効磁束 $\Phi$ は

※30

## ★【数3】

☆ 11に固定されたディスク12と電磁石1から構成され1aはコイルであり、コイル1aに通電されると電磁石1のまわりには磁場が形成されて回転するディスクが引き上げられ、回転軸が非接触支持されることになる。コイル1aの電流は、電磁石1、ディスク12間の細隙長さ $\delta_1$ が一定になるようにサーボ制御装置21によって制御される。即ち、軸変位センサ13により、軸端部の軸方向変位を検出し、そのセンサ出力はセンサアンプ14で増幅された後、サーボ制御装置21に送られ減算器によって変位に比例した信号が作られる。次にこの信号は、微分回路等から成る位相補償回路7で位相が補償された後、励磁制御増幅器2に送られ、そこで電力増幅される。そして、励磁制御増幅器2の出力が電力ケーブル6を経て電磁石1のコイル1aに与えられ、励磁するこ

3

とにより電磁石内に磁束を発生させ吸引力が生れる。ここで、励磁制御増幅器2のフィードバック回路として電流負帰還回路3の他に、励磁制御増幅器2の出力電流 $I$ から励磁コイルとケーブルの電圧降下量 $IR$ を算出する乗算器4および励磁制御増幅器2の出力電圧 $e_0$ から電圧降下量 $IR$ を差し引く減算器を経て、その結果を積分する積分器5が付加されている。ここで $IR$ が小さい場合には乗算器4を省略することができ、図4に示す制御ブロック図となる。

【0013】以上のような励磁制御増幅器の入力に積分器5の出力信号を負帰還制御することにより、電磁石には指令値に応じた磁束が発生し、これにより電磁石は外力に見合う吸引力を発生する。このとき、電磁石のうず電流回路による磁束の変化遅れが補償されるように励磁電流が制御されることから、精度よく磁気軸受として働くことになる。本発明の実施例では、アキシアル磁気軸

4

受について述べたが、本発明の趣旨はラジアル磁気軸受にも適用できることは明らかである。また、本発明はオペアンプ等を用いたアナログ制御の他、AD、DA変換器を用いたデジタル制御によっても実現できる。

【0014】

【発明の効果】本発明によれば、磁気軸受の応答特性の改善がはかれるとともに、負帰還回路が単純化されるので低コスト化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明する電気回路図。

【図2】本発明の制御回路を説明するブロック図。

【図3】本発明の実施例を説明するブロック図。

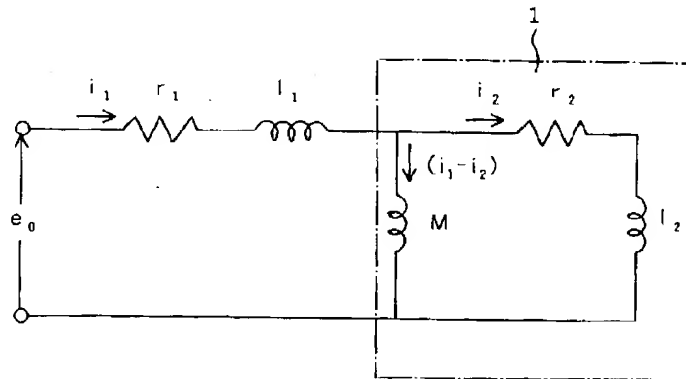
【図4】本発明の実施例を説明するブロック図。

【符号の説明】

1…電磁石、1a…コイル、2…励磁制御増幅器、3…電流負帰還回路、4…乗算器、5…積分器。

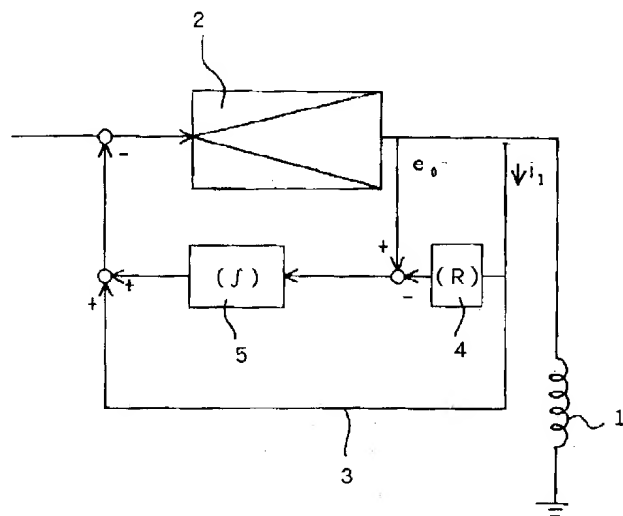
【図1】

図 1



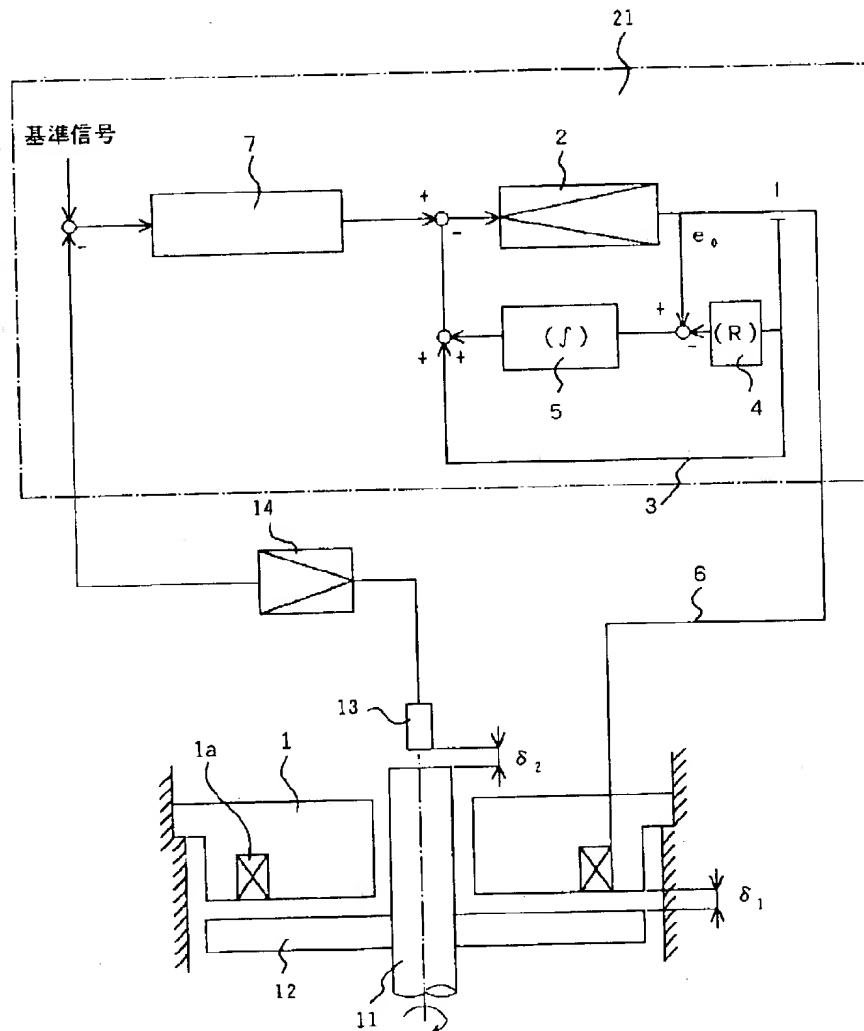
【図2】

図 2



【図3】

图 3



【図4】

図 4

